

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-198426
 (43)Date of publication of application : 17.08.1988

(51)Int. Cl. H04B 9/00
 G01J 3/10

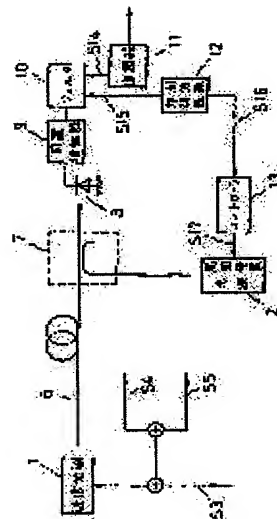
(21)Application number : 62-029568 (71)Applicant : NEC CORP
 (22)Date of filing : 13.02.1987 (72)Inventor : FUJITA SADA0

(54) INTERMEDIATE FREQUENCY STABILIZATION METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To control an intermediate frequency stably by separating a pilot signal component in an intermediate frequency signal so as to discriminate the frequency so as to apply frequency control of a local oscillation light source thereby making the frequency of a pilot signal component to a prescribed frequency.

CONSTITUTION: An optical transmission section has a transmission light source 1 and connected to an optical reception section through a single mode fiber 6. A modulation signal S4 and a pilot signal S5 are superimposed onto a bias current S3 and fed to the light source 1. The light fed through the fiber 6 and the output light from a local oscillation light source 2 are synthesized at the light reception section by a fiber coupler 7 and the synthesized light is made incident to a photodetector 8. The detected light is fed to a filter 10 via a pre-amplifier 9 and separated into a modulation signal component S14 and a pilot signal component S15. The signal component S15 is fed to the frequency discriminator 12, an error signal S16 extracted through the frequency discrimination is converted into a control signal S17 to apply frequency control of the light source 2 by a controller 13 to apply the stable control for the intermediate frequency.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-198426

⑬ Int.Cl.⁴

H 04 B 9/00
G 01 J 3/10

識別記号

庁内整理番号

L-7240-5K
8707-2G

⑭ 公開 昭和63年(1988)8月17日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 中間周波数安定化方法

⑯ 特 願 昭62-29568

⑰ 出 願 昭62(1987)2月13日

⑱ 発 明 者 藤 田 定 男 東京都港区芝5丁目33番1号 日本電気株式会社内

⑲ 出 願 人 日本電気株式会社 東京都港区芝5丁目33番1号

⑳ 代 理 人 弁理士 岩佐 義幸

明 細 書

1. 発明の名称

中間周波数安定化方法

2. 特許請求の範囲

(1) 光送信部からの光を光受信部において局部発振光源の局部発振光と合波し、この合波した光を光検出器に入射して得られる中間周波信号から送信信号を復調する光ヘテロダイン検波通信方式における中間周波数安定化方法であって、

前記光送信部では、情報を送信するための送信信号に周波数安定化のためのパイロット信号を重ねて送信光を送出し、

前記光受信部においては、前記中間周波信号中のパイロット信号成分を分離して周波数弁別し、そのパイロット信号成分の周波数を一定の周波数にするべく前記局部発振光源の周波数制御を行うことを特徴とする中間周波数安定化方法。

(2) 特許請求の範囲第1項に記載の中間周波数安定化方法において、

パイロット信号成分が、低周波側のパイロット

信号成分であることを特徴とする中間周波数安定化方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は光通信システム、特に光ヘテロダイン検波通信システムにおける中間周波数安定化方法に関するものである。

(従来の技術)

光ヘテロダイン検波等のコヒーレント光通信方式は、従来の直接検波通信方式に比べ、大幅な受信感度改善が可能で、周波数利用効率も高く、長距離高密度伝送が可能である。

このような光ヘテロダイン検波通信方式の例としては、岩下らによる400 Mb/s、光FSK長距離伝送実験(昭和60年度電子通信学会情報システム部門全国大会、280)の報告がある。

この報告例では、送信光源、局部発振光源に半導体レーザダイオードを用い、光送信部では、半導体レーザダイオードに伝送速度400 Mb/sの小信号の電流を注入し、2値の直接周波数変調を

行っている。また光受信部では、送られて来た信号光と局部発振光源の局部発振光を合波した後、中間周波数成分を取り出し、復調を行っている。

その結果、伝送速度400 Mb/sで251 kmの無中継の単一モードファイバ伝送を実現している。上述のように、光ヘテロダイン検波通信方式によれば、大量の情報をより遠くへ伝送させることが可能である。ところで、上述のシステムに用いた光源は半導体レーザダイオードであり、この半導体レーザダイオードは小型で使いやすいという特徴を有するが、周囲温度のわずかな変化、及び注入電流の変化により、発振周波数が変動するため、半導体レーザダイオードの温度制御及び注入電流の制御を行い、発振周波数を安定化させて、中間周波数の変動を小さく（例えば10MHz以下）保つ必要がある。この中間周波数の変動が大きい場合には、受信感度の劣化が生じてしまう。

すなわち、この通信方式では、信号光と局部発振光源の光を合波したものを光検出器で受光すると、光検出器の出力には信号光と局部発振光の周

波数差に相当するビートが中間周波数の電気信号として現れるので、このようにして中間周波数成分を取り出して復調を行うが、この場合、送信側、受信側の光源の発振周波数の変動があれば、その信号光と局部発振光の周波数差で得られる中間周波数も変動してしまうのであり、局部発振光や信号光の周波数が変動すると、中間周波数にゆらぎが生じ受信特性を劣化させることになる。

そこで、直接検波通信方式に比べ大幅な受信感度改善が可能であるという利点を十分に活かすためには、中間周波数の変動を小さく保つことが要求され、このため、上述の光FSK長距離伝送実験においては、送信光源、局部発振光源をそれぞれ独立に温度安定化するとともに、光受信部での中間周波数成分を検出して局部発振光源の発振周波数を制御して、中間周波数の安定化を図っている。

この中間周波数の安定化方法は、光受信部での中間周波数成分を分岐して、一方の出力を周波数弁別回路に入力させて、周波数弁別回路からの誤

差信号により局部発振光源の注入電流等を制御するものである。

〔発明が解決しようとする問題点〕

しかしながら、このような安定化方法にあっては、次のような問題がある。

すなわち、FSK光ヘテロダイン検波による中間周波数成分は鋭いピーク状のキャリア成分を持たないため、周波数弁別器の出力はS/N比が悪く上述のような方法では、中間周波数を長時間に亘って完全に安定化することは困難である。

さらに上述の中間周波数の安定化方法を用いて伝送速度が1Gb/s以上の高速の光ヘテロダイン検波通信を行った場合には、中間周波数成分は帯域1GHz以上の平坦な出力となるので、広帯域の周波数弁別器を用いても、周波数弁別器出力の雑音等の増加により高S/N比の周波数制御信号を得ることができない。さらに上述の安定化方法を行う場合、帯域が数GHzの周波数弁別器が必要となるが、現在の技術では、広帯域の周波数弁別器の作製は困難であり、たとえ、広帯域の周

波数弁別器を実現したとしても、周波数-振幅変換効率の低いものになってしまうため、高S/N比の周波数制御信号を得ることができない。その結果、局部発振光源の周波数制御が不安定になり、中間周波数の変動による受信感度劣化、さらには、符号誤り率特性のエラーレートフロアが生じ、情報の正確な伝送が不可能となるという欠点が生じる。

このように従来の中間周波数安定化方法では、中間周波数を長時間に亘って安定に保つことが困難である。従って、光ヘテロダイン検波通信方式では、中間周波数の不安定性により、受信感度の劣化及びエラーレートフロア等が生じやすくなる。

本発明の目的は、光受信部における中間周波数安定化のための周波数弁別回路の出力のS/N比を改善して、伝送速度が速くなった場合でも、中間周波数を長時間に亘って安定に保つことにより良好な受信感度特性を実現する中間周波数安定化方法を提供することにある。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明は、光送信部からの光を光受信部において局部発振光源の局部発振光と合波し、この合波した光を光検出器に入射して得られる中間周波信号から送信信号を復調する光ヘテロダイン検波通信方式における中間周波数安定化方法であって、

前記光送信部では、情報を送信するための送信信号に周波数安定化のためのパイロット信号を重畳して送信光を変調し、

前記光受信部においては、前記中間周波信号中のパイロット信号成分を分離して周波数弁別し、そのパイロット信号成分の周波数を一定の周波数にするべく前記局部発振光源の周波数制御を行うことを特徴としている。

〔作用〕

光ヘテロダイン検波において、中間周波数を安定に保つためには、中間周波数の検出のための周波数弁別器出力の S/N 比を改善して、局部発振光の周波数制御を行えばよい。

本発明は送信光源の変調信号に、中間周波数安

定化のための単一周波数のパイロット信号を重畳させて、送信光を変調するものである。ここでパイロット信号の周波数を伝送速度以上にとれば変調光のパイロット信号成分は、情報を伝送するための変調信号成分に混入することは無いので、光受信部において、中間周波数成分からパイロット信号成分のみ、電気系のフィルタにより取り出すことができる。この中間周波数成分に含まれるパイロット信号成分としては、単一周波数の信号であるため、従来の周波数弁別回路を用いて周波数弁別を行っても、高い S/N 比の弁別出力が得られ、これを周波数制御のための制御信号として使用することができる。

この高 S/N 比の制御信号で局部発振光源の注入電流の制御を行えば、長時間に亘って中間周波数を安定に保つことができる。

また、中間周波数成分の中心周波数から低周波数側に現れるパイロット信号成分を使う場合、周波数弁別回路、増幅器等も低周波数帯用の簡単なものが使用できるという新たな利点も見出せる。

〔実施例〕

次に、本発明について図面を参照して説明する。

第1図は本発明の第1の実施例を示すブロック図、第2図(a)及び(b)は第1の実施例での光送信部の変調による光スペクトル及び光受信部で得られるビートスペクトルを示す図である。

本実施例は、伝送速度 1.2 Gb/s のFSK光ヘテロダイン検波通信システムに本発明を適用したものである。

第1図に示すように、光送信部側は送信光源1を有し、光受信部側とは単一モードファイバ6を介して接続されている。送信光源1には、バイアス電流 S_3 に変調信号 S_4 とパイロット信号 S_5 を重畳したものが供給されるようになっている。このパイロット信号 S_5 は、後述のように、光受信部側における中間周波数安定化のための信号であり、図示しない基準信号発生器からの所定の単一周波数のものを用いる。

このように、光送信部側では、変調信号 S_4 にパイロット信号 S_5 を重畳させて送信光を変調し

送出する。

光受信部側は、局部発振光を出力する局部発振光源2と、単一モードファイバ6を介して送られて来る光と局部発振光源2からの出力光が合波されるファイバカップラ7と、このファイバカップラ7からの光が入射される光検出器8と、前置増幅器9と、フィルタ10と、復調器11と、周波数弁別器12と、コントローラ13を備えている。

フィルタ10には前置増幅器9の出力の中間周波信号が供給され、フィルタ10はこれを変調信号成分 S_{14} とパイロット信号成分 S_{15} に分離する。フィルタ10より取り出された変調信号成分 S_{14} は復調器11へ与えられ、ここで復調が行われる。

一方、フィルタ10で分離されたパイロット信号成分 S_{15} は、局部発振光源2の発振周波数を制御して中間周波数の安定化を行うための中間周波数安定化用の制御信号を得るのに使用される。

本実施例では、フィルタ10は、中間周波数成分の中心周波数から低周波側に現れるパイロット信号成分 S_{15} を取り出す構成となっている。

周波数弁別器12にはこのようなパイロット信号成分S15が供給され、ここで周波数弁別して取り出された誤差信号S16はコントローラ13で局部発振光源2の周波数制御を行うための制御信号S17に変換され、局部発振光源2に与えられる。制御はパイロット信号成分S15の周波数が一定の周波数になるように局部発振光源2の周波数制御を行う。

更に、第2図を参照して具体的に説明する。

本システムにおいて、送信光源1及び局部発振光源2には、波長 $1.55\mu\text{m}$ のファブリペロー型半導体レーザダイオードに光の帰還を施し、単一モード化、発振スペクトルの狭スペクトル化を図った外部共振器型半導体レーザダイオードを用い、それぞれの光源には、周波数安定化のための温度制御を施してある。

送信光源1の変調は、バイアス電流S3に、伝送速度 1.2Gb/s のNRZ符号の変調信号S4と基準信号発生器からの周波数 1.8GHz のパイロット信号S5を重畳し、これらの電流を送信光

源1に注入し、直接周波数変調を行う。ここで、周波数変調における変調度としては、変調信号S4に対しては、変調度が0.65となるように、パイロット信号S5については変調度が0.2となるように、それぞれ、変調信号S4とパイロット信号S5の電流振幅を調整した。

以上の条件により直接周波数変調した送信光源1の光スペクトルが第2図(a)に示されている。

送信光源1の光スペクトルの中心周波数は 193THz であり、中心に伝送速度 1.2Gb/s のFSK光変調成分P、また 193THz を中心として、 1.9GHz はなれてパイロット信号光成分P'が生じている。

さて、上述のように変調された変調光は、単一モードファイバ6を伝送した後、ファイバカップラ7により、局部発振光源2の射出光と合波され、光検出器8と前置増幅器9より構成された光受信回路で電気信号に変換される。

ここで、局部発振光源2の発振周波数を送信光源1の中心周波数より 2.1GHz 小さい値(193

$\text{THz} - 2.1\text{GHz}$)に設定すると、前置増幅器9の出力である中間周波数のビートスペクトルは、第2図(b)に示されるように、変調信号成分S14の中心周波数が 2.1GHz で、それぞれ 200MHz と 4GHz にパイロット信号成分S15が生じたものとなる。

本実施例では、この周波数 200MHz のパイロット信号成分S15を用いて、局部発振光源2の発振周波数を調整して、中間周波数の安定化を図る。

すなわち、第1図のブロック図の光受信部において、前置増幅器9の出力をフィルタ10に入力して、周波数 200MHz のパイロット信号成分S15と中心周波数 2.1GHz の中間周波数成分に分離し、中間周波数成分を周波数弁別器による復調器11に入力し、信号を再生する。一方、フィルタ10より取り出した周波数 200MHz のパイロット信号成分S15は、周波数弁別器12に導かれ、周波数 200MHz からのずれに対応した誤差信号S16を取り出す。この誤差信号S16はコントローラ13により、局部発振光源2の周波数制御を行うための

制御信号S17に変換されて、局部発振光源2に制御電流として注入される。

このように、光送信部からの信号光を、光受信部において局部発振光と合波し、この合波した光を光検出器8に入射して得られた中間周波信号から送信信号を復調する光ヘテロダイン検波通信方式において、光送信部では、情報を送信するための送信信号に周波数安定化のためのパイロット信号成分を重畳して送信光を変調し、一方、光受信部においては、中間周波信号中のパイロット信号成分を分離して周波数弁別し、このパイロット信号成分の周波数が一定の周波数になるように局部発振光源2の周波数制御を行う。

この安定化方法によれば、パイロット信号を用いることにより局部発振光源2に注入する高S/Nの制御電流を得ることができるので、安定な中間周波数の制御が行え、中間周波数の変動を極力小さくすることができる。従って、中間周波数の変動による受信感度の劣化、エラーレートフロアの発生が抑えられ、情報の正確な伝送が可能であ

る。特に、高速の光ヘテロダイン検波通信を行う場合でも、高 S/N 比の周波数制御信号が得られるから、たとえ伝送速度が遅くなっても周波数制御が不安定になるのを防いで中間周波数の安定化を図ることができる。

また、周波数弁別器は狭帯域のものの使用が可能であり、高い弁別効率でパイロット信号成分の周波数弁別を行うことができる。

更に、本実施例では、低周波側のパイロット信号成分を用いるようにしているので、弁別中心周波数も下がり、安価、簡単な周波数弁別器が使用できる。

以上の構成により、伝送速度 1.2 Gb/s でのFSK光ヘテロダイン検波通信方式による受信感度測定を行ったところ、次のような結果が得られた。

ここでは、中間周波数の安定化を確認するため、パイロット信号を用いた場合と用いない場合について、中間周波数の変動及び受信感度の様子を調べた。

第2の実施例と第1の実施例はほぼ同一の構成であり、同様の構成部分には同一の符号を付してあるが、これらの実施例で異なる点は、変復調方式であり、第3図の実施例の光送信部では光の位相変調を行うためのニオブ酸リチウム結晶から成る導波路形の光変調器18を用い、光受信部では、PSK復調用の同期検波回路から成る復調器11を用いている。

ここで、光の位相変調を行う光変調器18には、伝送速度 1.2 GB/s のNRZ符号による変調信号S4に、周波数 1.9 GHz の正弦波のパイロット信号S5を重畳した信号を入力し、光の位相変調を行った。光受信部では、局部発振光源2の周波数を調整して、第2図(b)のビートスペクトルと同様の変調信号成分の中心周波数が 2.1 GHz 、パイロット信号成分の周波数がそれぞれ 200 MHz 、 4 GHz となるようにした。このビートスペクトルはフィルタ10により変調信号成分S14とパイロット信号成分S15に分離され、変調信号成分S14はPSK用の復調器11で復調される。

まず、パイロット信号を用いない従来方法では、周波数弁別器出力の S/N 比低下のため、中間周波数の変動は、 $\pm 50\text{ MHz}$ 程度生じ、符号誤り率特性には符号誤り率 10^{-10} 程度で中間周波数の変動によるエラーレートのフロアが生じた。

一方、パイロット信号を用いた本実施例においては、正弦波変調のパイロット信号を用いているため、第1図の周波数弁別器12の出力である制御信号の S/N 比が改善され、中間周波数の変動は長時間に亘って $\pm 1\text{ MHz}$ 以下に抑えることができた。その結果、エラーレートのフロアがなくなり、伝送速度 1.2 Gb/s において、 -43 dBm の良好な受信感度を得ることができた。またパイロット信号の重畳による直接周波数変調を行っても受信感度の大きな劣化は生じなかった。

第3図は第2の実施例を示すブロック図である。第2の実施例は伝送速度 1.2 Gb/s の位相シフトキーイング方式(PSK方式)による光ヘテロダイン検波通信システムに本発明を適用したものである。

一方、中心周波数の安定化はパイロット信号成分S15を用い、第1の実施例と同様に行った。

以上の構成において、PSK光ヘテロダイン検波通信方式での中心周波数の変動及び伝送速度 1.2 Gb/s での受信感度を測定した。その結果、中心周波数の変動は長時間に亘って $\pm 400\text{ KHz}$ 以内に抑えることができ、 -44.5 dBm の高い受信感度を得ることができた。

なお、本発明は、以上の実施例で示した他にも様々な変形例が考えられる。各実施例では、FSK、PSK光ヘテロダイン検波通信方式に本発明を適用した場合について示したが、本発明は、振幅シフトキーイング方式(ASK方式)にも適用が可能である。ASK方式に本発明を適用する場合には、第2の実施例において、光変調器18と復調器をASK用のものにおきかえればよい。また、中間周波数制御に用いる中間周波のパイロット信号成分は、低周波成分に限らず、もう一つの高周波成分を用いてもよい。

また、パイロット信号の変調は正弦波変調に限

らず、パルス変調を用いてもよい。

さらに、局部発振光源の周波数制御は注入電流の制御だけでなく、半導体レーザダイオードの温度制御を行ってもよい。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明によれば、パイロット信号を用いることにより、局部発振光源に与える高S/Nの制御信号が得られるため、長時間に亘って安定な中間周波数の制御が実現でき、受信感度劣化の無い安定な高ヘテロダイン検波通信が実現できる。

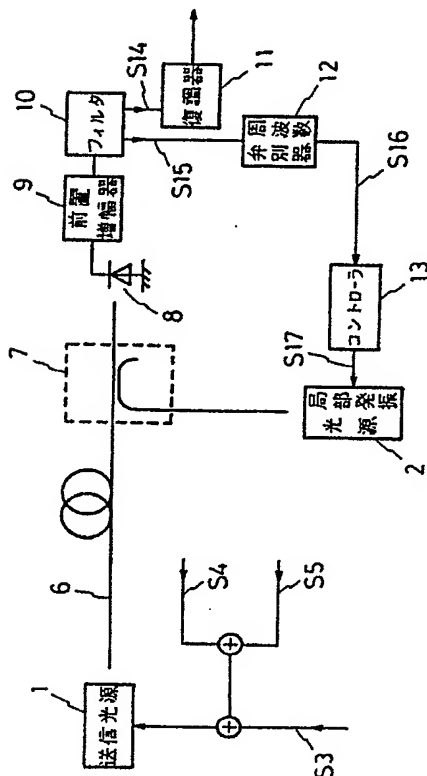
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第1の実施例を示す図、

第2図(a)及び(b)はそれぞれ光送信部での変調時の光スペクトル及び光受信部でのビートスペクトラムを示す図、

第3図は本発明の第2の実施例を示す図である。

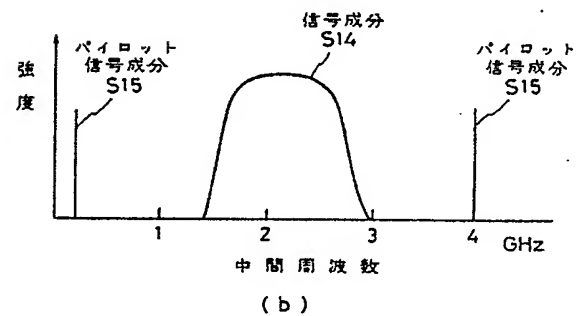
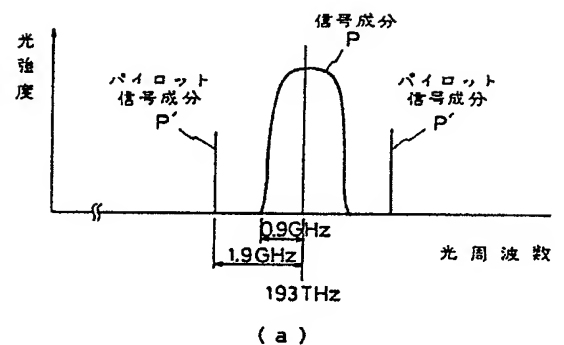
- 1 … 送信光源
- 2 … 局部発振光源
- 6 … 単一モードファイバ



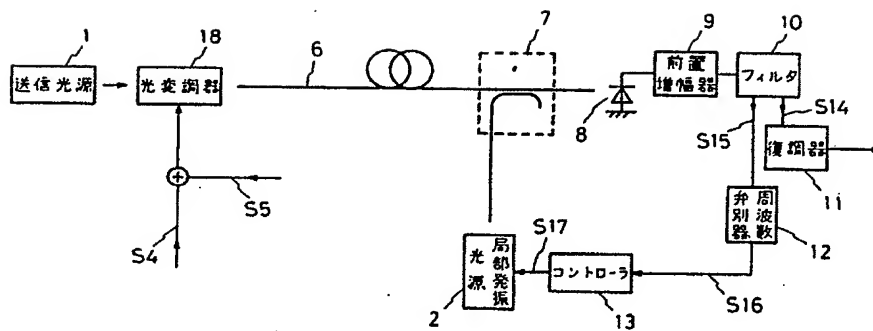
第1図

- 7 … ファイバカップラ
- 8 … 光検出器
- 9 … 前置増幅器
- 10 … フィルタ
- 11 … 復調器
- 12 … 周波数弁別器
- 13 … コントローラ
- 18 … 光変調器
- S 3 … バイアス電流
- S 4 … 変調信号
- S 5 … パイロット信号
- S 14 … 変調信号成分
- S 15 … パイロット信号成分
- S 16 … 誤差信号
- S 17 … 制御信号

代理人弁理士 岩 佐 義 幸



第2図



第 3 図